

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/016845

International filing date: 13 September 2005 (13.09.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2005-004128
Filing date: 11 January 2005 (11.01.2005)

Date of receipt at the International Bureau: 03 January 2006 (03.01.2006)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2005年 1月 11日

出願番号
Application Number: 特願 2005-004128

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

J P 2005-004128

出願人
Applicant(s): 日本精工株式会社

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office.

2005年12月14日

中嶋

特許庁長官
Commissioner
Japan Patent Office

【書類名】 特許願
【整理番号】 P05085
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F16C 17/24
F16C 19/52

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
【氏名】 武藤 泰之

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
【氏名】 宮坂 孝範

【特許出願人】
【識別番号】 000004204
【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代理人】
【識別番号】 100105647
【弁理士】
【氏名又は名称】 小栗 昌平
【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】
【識別番号】 100105474
【弁理士】
【氏名又は名称】 木多 弘徳
【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】
【識別番号】 100108589
【弁理士】
【氏名又は名称】 市川 利光
【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】
【識別番号】 100115107
【弁理士】
【氏名又は名称】 高松 猛
【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】
【識別番号】 100090343
【弁理士】
【氏名又は名称】 濱田 百合子
【電話番号】 03-5561-3990

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2004-265219
【出願日】 平成16年 9月13日

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 092740
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002910

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

静止部材に対して相対的に回転する回転部品の異常を診断する異常診断装置であって、前記回転部品を回転駆動する回転駆動手段と、前記回転部品又は前記静止部材に固定されるセンサとを備え、

前記回転駆動手段の非通電時における前記回転部品の所定の回転速度領域内の慣性回転時に、前記センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて前記回転部品の異常を診断することを特徴とする異常診断装置。

【請求項 2】

静止部材に対して相対的に回転する回転部品の異常を診断する異常診断装置であって、前記回転部品を回転駆動する回転駆動手段と、前記回転部品又は前記静止部材に固定されるセンサとを備え、

前記回転部品が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内で回転する時、前記センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて前記回転部品の異常を診断することを特徴とする異常診断装置。

【請求項 3】

前記回転駆動手段の非通電時における前記回転部品の前記回転速度領域内の慣性回転時に、前記センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて前記回転部品の異常を診断することを特徴とする請求項 2 に記載の異常診断装置。

【請求項 4】

前記回転駆動手段は通電及び非通電を繰り返して用いられると共に、該回転駆動手段の非通電時に前記回転部品が慣性回転可能であることを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載の異常診断装置。

【請求項 5】

前記回転駆動手段の非通電時の前記回転部品の慣性回転状態を該回転駆動手段の OFF 信号に基づいて検出することを特徴とする請求項 1, 3 及び 4 のいずれかに記載の異常診断装置。

【請求項 6】

前記センサは、振動センサ、音響センサ、超音波センサ、AE センサ及び温度センサの少なくとも一つであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の異常診断装置。

【請求項 7】

前記回転駆動手段の回転速度を検出する回転速度センサを備え、該回転速度センサによる回転速度の検出信号と前記センサによる振動又は温度の検出信号とを連動して前記回転部品の異常を診断することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の異常診断装置。

【請求項 8】

回転速度信号に基づき算出した前記回転部品の損傷に起因した周波数成分と前記振動センサ、前記音響センサ、前記超音波センサ及び前記 AE センサのいずれかにより検出された信号に基づく実測データの周波数成分とを比較する比較照合部と、該比較照合部での比較結果に基づき、前記回転部品の異常の有無の判定や損傷部位を特定する異常判定部とを備えていることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の異常診断装置。

【請求項 9】

前記振動センサ、前記音響センサ、前記超音波センサ又は前記 AE センサにより検出された信号波形から不要な周波数帯域を除去するフィルタ処理部と、

前記フィルタ処理部から転送されたフィルタ処理後の波形の絶対値を検波するエンベロープ処理部と、

前記エンベロープ処理部から転送された波形の周波数を分析する周波数分析部とを備えていることを特徴とする請求項 8 に記載の異常診断装置。

【請求項 10】

前記回転部品の異常の診断結果を伝送するデータ伝送手段をさらに有することを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の異常診断装置。

【請求項 1 1】

前記回転部品が鉄道車両用であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の異常診断装置。

【請求項 1 2】

前記回転部品が風力発電機用であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の異常診断装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】異常診断装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば鉄道車両の車軸やギアボックス或いは発電用風車の減速機等に用いられる回転部品の異常を診断する異常診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、鉄道車両や発電用風車等の回転部品は、一定期間使用した後に、軸受やその他の回転部品について、損傷や摩耗等の異常の有無が定期的に検査される。この定期的な検査は、回転部品が組み込まれた機械装置を分解することにより行われ、回転部品に発生した損傷や摩耗は、担当者が目視による検査により発見するようにしている。そして、検査で発見される主な欠陥としては、軸受の場合、異物の噛み込み等によって生ずる圧痕、転がり疲れによる剥離、その他の摩耗等、歯車の場合には、歯部の欠損や摩耗等、車輪の場合には、フラット等の摩耗があり、いずれの場合も新品にはない凹凸や摩耗等が発見されれば、新品に交換される。

【0003】

しかしながら、このような人手による回転部品の異常の有無の検査は、該回転部品が組み込まれた装置の分解に相当な時間とコストがかかり、検査後の再組立にも相当な時間がかかるという問題がある。

【0004】

特に発電用風車の場合、オフショアで使用される事が多く、その台数も多いため、現在、保全担当者が現地に行き、個々の風車の回転部品の検査を行っていることが多く、この場合、多大な時間とコストがかかり、メンテナンス性において効率が悪いという問題がある。また、限られた時間内で多数の回転部品を目視で検査するため、欠陥を見落とす可能性がある。

【0005】

更に、回転部品の欠陥の程度の判断も個人差があり、実質的には欠陥がなくても部品交換が行われるため、無駄なコストがかかることにもなり、例えば再組立時に検査前にはなかつた打痕を回転部品につけてしまう等、検査自体が部品の欠陥を生む原因となる虞れもある。

【0006】

そこで、回転部品が組み込まれた機械装置を分解することなく、実稼動状態で回転部品の異常診断を行う例として、機械装置の状態を振動センサ又は温度センサ等で常時計測して、各計測値が予め設定しておいた規定値以上に上昇したか否かで異常の有無を判定し、異常判定の場合に、異常警報を出力したり、機械装置の稼動を停止させたりする方法が提案されている(例えば特許文献1参照。)。

【特許文献1】特開平11-125244号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上記特許文献1においては、回転部品が組み込まれる装置には該回転部品に回転駆動力を伝達するためのモータ等の回転駆動手段が装着されているため、モータ駆動時に電磁音等の電気的な外乱ノイズが突発的に発生して異常診断に対するS/N比(信号対雑音比)が悪くなり、誤診断により異常警報を発したりする等、安定稼動が妨げられるという問題がある。

【0008】

また、回転部品が組み込まれる装置は、使用される回転速度も低速から高速まで幅広い領域で使用されることが多い。例えば、鉄道車両の車軸用軸受においては、輪軸試験などで定期的に低速回転で検査することがある。この場合、軸受が組み込まれるハウジングの

剛性が高いため、例えは、軸受の軌道面に損傷があっても、その損傷の上をころ等の転動体が通過することによる衝突力が小さく、軸受の損傷を見逃してしまう可能性がある。一方、高速の場合には回転駆動手段などからの音や振動等が大きくなるため異常診断に対するS/N比が悪くなり、低速時と同様に軸受の損傷を見逃してしまう可能性がある。

【0009】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、回転部品が組み込まれている装置を分解することなく実稼動状態で回転部品の異常を診断することができると共に、高S/N比で信頼性の高い異常診断を行うことができる異常診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の目的は、下記の構成により達成される。

(1) 静止部材に対して相対的に回転する回転部品の異常を診断する異常診断装置であって、

前記回転部品を回転駆動する回転駆動手段と、前記回転部品又は前記静止部材に固定されるセンサとを備え、

前記回転駆動手段の非通電時における前記回転部品の所定の回転速度領域内の慣性回転時に、前記センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて前記回転部品の異常を診断することを特徴とする異常診断装置。

(2) 静止部材に対して相対的に回転する回転部品の異常を診断する異常診断装置であって、

前記回転部品を回転駆動する回転駆動手段と、前記回転部品又は前記静止部材に固定されるセンサとを備え、

前記回転部品が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内で回転する時、前記センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて前記回転部品の異常を診断することを特徴とする異常診断装置。

(3) 前記回転駆動手段の非通電時における前記回転部品の前記回転速度領域内の慣性回転時に、前記センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて前記回転部品の異常を診断することを特徴とする(2)に記載の異常診断装置。

(4) 前記回転駆動手段は通電及び非通電を繰り返して用いられると共に、該回転駆動手段の非通電時に前記回転部品が慣性回転可能であることを特徴とする(1)又は(3)に記載の異常診断装置。

(5) 前記回転駆動手段の非通電時の前記回転部品の慣性回転状態を該回転駆動手段のOFF信号に基づいて検出することを特徴とする(1)、(3)及び(4)のいずれかに記載の異常診断装置。

(6) 前記センサは、振動センサ、音響センサ、超音波センサ、AEセンサ及び温度センサの少なくとも一つであることを特徴とする(1)～(5)のいずれかに記載の異常診断装置。

(7) 前記回転駆動手段の回転速度を検出する回転速度センサを備え、該回転速度センサによる回転速度の検出信号と前記センサによる振動又は温度の検出信号とを連動して前記回転部品の異常を診断することを特徴とする(1)～(6)のいずれかに記載の異常診断装置。

(8) 回転速度信号に基づき算出した前記回転部品の損傷に起因した周波数成分と前記振動センサ、前記音響センサ、前記超音波センサ及び前記AEセンサのいずれかにより検出された信号に基づく実測データの周波数成分とを比較する比較照合部と、該比較照合部での比較結果に基づき、前記回転部品の異常の有無の判定や損傷部位を特定する異常判定部とを備えていることを特徴とする(1)～(7)のいずれかに記載の異常診断装置。

(9) 前記振動センサ、前記音響センサ、前記超音波センサ又は前記AEセンサにより検出された信号波形から不要な周波数帯域を除去するフィルタ処理部と、

前記フィルタ処理部から転送されたフィルタ処理後の波形の絶対値を検波するエンベロ

ープ処理部と、

前記エンベロープ処理部から転送された波形の周波数を分析する周波数分析部とを備えていることを特徴とする(8)に記載の異常診断装置。

(10) 前記回転部品の異常の診断結果を伝送するデータ伝送手段をさらに有することを特徴とする(1)～(9)のいずれかに記載の異常診断装置。

(11) 前記回転部品が鉄道車両用であることを特徴とする(1)～(10)のいずれかに記載の異常診断装置。

(12) 前記回転部品が風力発電機用であることを特徴とする(1)～(10)のいずれかに記載の異常診断装置。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、回転駆動手段の非通電時における回転部品の所定の回転速度領域内の慣性回転時に、センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて回転部品の異常を診断するようとしているので、回転部品が組み込まれている装置を分解することなく実稼動状態で回転部品の異常を診断することができると共に、回転駆動手段の電気的な外乱ノイズを抑制することにより、高感度で高S/N比(信号対雑音比)での信号の検出が可能となり、信頼性の高い異常診断を行うことができる。

【0012】

また、本発明によれば、回転部品が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内で回転する時、センサによる振動又は温度の検出信号に基づいて回転部品の異常を診断するようとしているので、回転部品が組み込まれている装置を分解することなく実稼動状態で回転部品の異常を診断することができると共に、軸受の剥離や車輪のフラット摩耗等の損傷による加振力を高S/N比で検出可能となり、信頼性の高い異常診断を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の各実施形態に係る異常診断装置について、図面を参照して詳細に説明する。ここで、図1は本発明の異常診断装置の診断対象である複列円すいころ軸受を備えた鉄道車両用転がり軸受装置の断面図、図2は第1実施形態の異常診断装置の信号処理系統のブロック図、図3は図2の回転状態判定部の処理フローを示すフローチャート、図4は転がり軸受の傷の部位と、傷に起因して発生する特徴周波数との関係を示す図、図5は第2実施形態の回転状態判定部の処理フローを示すフローチャート、図6は試験1に係るモータ非通電時の振動センサによる振動波形を示すグラフ、図7は試験1に係るモータ通電時の振動センサによる振動波形を示すグラフ、図8は試験2に係る振動解析結果を示すグラフである。

【0014】

(第1実施形態)

図1に示されるように、異常診断装置が適用される鉄道車両用の転がり軸受装置10は、回転部品である複列円すいころ軸受11と、鉄道車両用台車の一部を構成する静止部材である軸受箱12とを備える。

【0015】

複列円すいころ軸受11は、回転駆動手段である駆動モータ13aにより回転駆動される回転軸である鉄道車両の車軸13を回転可能に支持しており、外周面に円すい外面状に傾斜した内輪軌道面15、15を有する一対の内輪14、14と、内周面に円すい内面状に傾斜した一対の外輪軌道面17、17を有する单一の外輪16と、内輪14、14の内輪軌道面15、15と外輪16の外輪軌道面17、17との間に複列で複数配置された軸動体である円すいころ18、18と、円すいころ18、18を転動自在に保持する環状の打ち抜き保持器19、19と、外輪16の軸方向の両端部にそれぞれ装着された一対のシール部材20、20とを備える。なお、駆動モータ13aは通電(ON)及び非通電(OFF)を繰り返して用いられると共に、駆動モータ13aの非通電時には複列円すいころ

軸受 11 が車軸 13 と共に慣性回転する。

【0016】

軸受箱 12 は、鉄道車両用台車の側枠を構成するハウジング 21 を備えており、このハウジング 21 は外輪 16 の外周面を覆うように円筒状に形成されている。また、ハウジング 21 の軸方向の前端部側には前蓋 22 が配置され、ハウジング 21 の軸方向の後端部側には後蓋 23 が配置されている。

【0017】

一対の内輪 14, 14 の間には、内輪間座 24 が配置されている。一対の内輪 14, 14 及び内輪間座 24 には車軸 13 が圧入されており、外輪 16 はハウジング 21 に嵌合されている。複列円すいころ軸受 11 には、種々部材の重量等によるラジアル荷重と任意のアキシャル荷重とが負荷されており、外輪 16 の周方向の上側部が負荷圏になっている。ここで、負荷圏とは、転動体に対して荷重が負荷される領域をいう。

【0018】

車軸 13 の前端部側に配置された一方のシール部材 20 は、外輪 16 の外側端部と前蓋 22 との間に組み付けられ、後端部側に配置された他方のシール部材 20 は、外輪 16 の外側端部と後蓋 23 との間に組み付けられている。

【0019】

ハウジング 21 の外周部の複列円すいころ軸受 11 の軸方向の略中央部位には径方向に貫通する貫通穴 26 が形成され、この貫通穴 26 には異常診断装置の一部を構成する異常検出用センサ 31 が筐体 27 に収容された状態で固定されている。

【0020】

異常検出用センサ 31 は、振動センサ、AE (acoustic emission) センサ、音響センサ、超音波センサの少なくとも 1 つの振動を検出可能な振動系センサと温度センサとを一体に筐体 27 内に収納固定した複合型センサである。なお、図 1 の異常検出用センサ 31 は、振動センサ 32 と温度センサ 33 を備える。

【0021】

振動センサ 32 は、圧電素子等の振動測定素子であり、複列円すいころ軸受 11 の内外輪軌道面 15, 15, 17, 17 の剥離や、歯車の欠損、車輪のフラット摩耗等を検出するのに用いられる。なお、振動センサ 32 は、加速度、速度或いは変位型等、振動を電気信号化できるものであればよく、ノイズが多いような機械装置に取付ける際には、絶縁型信号化できるものである。また、音響センサは、車を使用する方がノイズの影響を受けることがないので好ましい。また、音響センサは、車軸部等から発生する音を音波として集音して、電気信号化できるマイクロホンを用いてもよく、マイクロホンは指向性を有した方が集音により好適である。

【0022】

温度センサ 33 は、サーミスタ温度測定素子や白金測温抵抗体や熱電対等の非接触タイプの温度測定素子であり、筐体 27 内で外輪 16 の外周面近傍に配置されている。また、温度センサ 33 としては、雰囲気温度が規定値を超えると、バイメタルの接点が離れたり接点が溶断したりすることで導通しなくなる温度ヒューズを用いることができる。その場合、装置の温度が規定値を超えたとき、温度ヒューズの導通が遮断されることによって温度異常が検出される。

【0023】

また、異常検出用センサ 31 は、複列円すいころ軸受 11 の非回転側軌道輪に嵌合している軸受箱 12 のラジアル荷重の負荷圏領域に取り付けられている。このため、例えば、軸受軌道面に損傷が発生した場合、その損傷部を転動体が通過する際に生じる衝突力は負荷圏よりも負荷圏の方が大きくなり、軸受負荷圏の方が感度良く異常振動を検出することができる。

【0024】

また、本実施形態では、複列円すいころ軸受 11 の回転速度を検出するエンコーダ等の回転速度センサ 10 (図 2 参照) が設けられている。

【0025】

そして、本実施形態では、駆動モータ13aの非通電時における複列円すいころ軸受11の所定の回転速度領域内の慣性回転状態を回転速度センサ40及び駆動モータのOFF信号に基づいて検出し、該検出時に、振動センサ32及び温度センサ33による検出信号に基づいて複列円すいころ軸受11の異常を診断する。

【0026】

まず、図2に示すように、振動センサ32が発生した振動信号、温度センサ33が発生した温度信号は、信号伝送手段34を介して増幅及びA/D変換後に回転状態判定部50に転送される。なお、振動信号の増幅及びA/D変換は伝送前に行なわれてもよく、また、増幅とA/D変換の順序は逆であっても良い。

【0027】

回転状態判定部50は、駆動モータ13aを所定の回転速度領域内で駆動運転した後、駆動モータ13aを非通電とした慣性回転領域かどうかを判定する。例えば、図3の処理フローに示すように、回転状態判定部50は、駆動モータ側のOFF信号が出力されているか否かを判定する（ステップS101）と共に、回転速度センサ40からの複列円すいころ軸受11の回転速度情報が予め設定された所定の回転速度領域内であるか否かを判定する（ステップS102）。そして、駆動モータ側のOFF信号（非通電）が出力されおらず、或いは回転速度センサ40からの複列円すいころ軸受11の回転速度情報が予め設定された所定の回転速度領域内ではない場合は、ステップS101に戻って処理を繰り返す。一方、駆動モータ側のOFF信号が回転状態判定部50に出力され、且つ回転速度センサ40からの複列円すいころ軸受11の回転速度情報が予め設定された所定の回転速度領域内である場合には、その時点の振動信号及び温度信号を検出し、フィルタ部35、温度計測値分析部51に転送する（ステップS103）。

【0028】

なお、回転状態判定部50は、複列円すいころ軸受11の回転速度情報が所定の回転速度領域内であることが確認されている場合には、駆動モータのOFF信号の出力に基づいて振動信号及び温度信号を検出するようにしてもよい。或いは、回転速度センサ40による回転速度情報の推移によって駆動モータ13aが非通電時であることを判断するようすれば、回転速度センサ40による回転速度の検出信号と、センサによる振動又は温度の検出信号とを連動させて、回転部品の異常を診断するようにしてもよい。

【0029】

フィルタ部35は、固有振動数記憶部36に記憶された、複列円すいころ軸受11の固有振動数に基づいて、振動信号からその固有振動数に対応する所定の周波数帯域のみを抽出する。この固有振動数は、回転部品である複列円すいころ軸受11を被測定物として、打撃法により加振し、被測定物に取付けた振動検出器又は打撃により発生した音響を周波数分析することにより容易に求めることができる。なお、被測定物が複列円すいころ軸受の場合には、内輪、外輪、転動体、保持器等のいずれかに起因する固有振動数が与えられる。一般的に、機械部品の固有振動数は複数存在し、また固有振動数での振幅レベルは高くなるため測定の感度がよい。

【0030】

エンベロープ処理部37は、フィルタ部35にて抽出された所定の周波数帯域に対して、波形の絶対値を検波する絶対値検波処理を行う。そして、周波数分析部38は、エンベロープ処理部37から転送された波形の周波数を分析し、周波数分析による実測値データを比較照合部39へ転送する。

【0031】

一方、理論周波数計算部41は、回転速度センサ40からの複列円すいころ軸受11の回転速度情報に基づき算出された、軸受の剥離等の損傷に起因した周波数成分の計算値データを比較照合部39に転送する。ここで、計算値データは、図4に示されるような、内輪、外輪、転動体、保持器の損傷に起因した周波数成分データとなる。

【0032】

そして、比較照合部39は、周波数分析部38で得られた実測値データと理論周波数計

算部41で得られた計算値データとを比較照合する。更に、異常判定部42は、比較照合部39での比較結果に基づき、複列円すいころ軸受11の振動異常の有無、異常部位の特定を行う。

【0033】

そして、結果出力部43では複列円すいころ軸受11の異常判定と異常部位の特定の結果の出力が行われ、アラーム等の警報が発せられたり、判定結果が記憶部に取り込まれる。なお、異常判定部42から結果出力部43への情報転送は、有線や無線で行われる。

【0034】

一方、駆動モータ側のOFF信号が出力され、且つ複列円すいころ軸受11の回転速度情報が予め設定された所定の回転速度領域内である場合に検出された温度信号は、温度計測値分析部51にて処理された後、異常判定部42に出力される。

【0035】

該異常判定部42では予め設定した閾値を超えるか否かを判定し、閾値を超えない場合は軸受に異常は発生していないと判断し、閾値を超えた場合は焼付き等の異常が軸受に発生したと判断して、結果出力部43で複列円すいころ軸受11の異常判定の結果の出力が行われ、アラーム等の警報が発せられる。

【0036】

なお、増幅後の振動信号処理は、各種データ処理と演算を行うもので、例えは、マイクロコンピュータ或いは専用マイクロチップ等を用いることが可能である。また、検出した信号をメモリ等の記憶手段に格納後に、演算処理を行うようにしても良い。

【0037】

このように本実施形態では、駆動モータ13aの非通電時における複列円すいころ軸受11の所定の回転速度領域内の慣性回転状態において、振動センサ32及び温度センサ33による検出信号に基づいて複列円すいころ軸受11の異常を診断するようにしているので、複列円すいころ軸受11が組み込まれている鉄道車両用転がり軸受装置10を分解することなく実稼動状態で複列円すいころ軸受11の異常を診断することができると共に、駆動モータ13a駆動時の電磁音等、電気的な外乱ノイズを抑制することにより、高感度で高SN比（信号対雑音比）での信号の検出が可能となり、信頼性の高い異常診断を行うことができる。

【0038】

また、振動の情報については、回転速度信号に基づき算出した複列円すいころ軸受11の損傷に起因した周波数成分と振動センサ32により検出された信号の振動波形にフィルタ処理及びエンベロープ処理を施して得られた実測データの周波数成分とを比較することにより、複列円すいころ軸受11の異常の有無の判定や損傷部位を特定することができ、異常診断の信頼性をより確実なものとすることができる。

【0039】

（第2実施形態）

次に、本発明の第2実施形態に係る異常診断装置について説明する。なお、第1実施形態と同等部分については、同一符号を付して説明を省略或いは簡略化する。

【0040】

本実施形態の異常診断装置では、図5のフローチャートに示すように、回転状態判定部50は、回転速度センサ40からの複列円すいころ軸受11の回転速度情報が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内であるか否かを判定する（ステップS201）。そして、複列円すいころ軸受11の回転速度情報が 100 min^{-1} 以上 150 min^{-1} 以下の回転速度領域外である場合は、ステップS201に戻って処理を繰り返す。一方、複列円すいころ軸受11の回転速度情報が 100 min^{-1} 以上 150 min^{-1} 以下の回転速度領域内である場合には、その時点の振動信号及び温度信号を検出し、フィルタ部35、温度計測値分析部51に転送する（ステップS202）。

【0041】

従って、本実施形態の異常診断装置では、図2の回転状態判定部50は、駆動モータ1

3 a の O F F 信号の出力を用いずに、複列円すいころ軸受 11 が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内であるかどうかを判定するように構成される。

【0042】

ただし、本実施形態の異常診断装置でも、第1実施形態と同様に、回転状態判定部 50 が、駆動モータ 13 a の O F F 信号の出力を用いて、或いは、回転速度センサ 40 による回転速度情報の推移によって駆動モータ 13 a が非通電時であることを判断するようにしても良い。従って、複列円すいころ軸受 11 が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内で慣性回転する時に、振動信号及び温度信号を検出することで、駆動モータ 13 a 通電時の電磁成分の影響がなくなり、より高精度な異常診断が可能となる。

【0043】

従って、本実施形態の異常診断装置によれば、複列円すいころ軸受 11 が 100 min^{-1} 以上 1500 min^{-1} 以下の回転速度領域内で回転する時、振動センサ 32 及び温度センサ 33 による検出信号に基づいて複列円すいころ軸受 11 の異常を診断するようにしているので、複列円すいころ軸受 11 が組み込まれている鉄道車両用転がり軸受装置 10 を分解することなく実稼動状態で複列円すいころ軸受 11 の異常を診断することができると共に、複列円すいころ軸受 11 の剥離や車輪のフラット摩耗等の損傷による加振力を外乱ノイズ等の影響を受けることなく高 S/N 比で検出可能となり、その結果、信頼性の高い異常診断を行うことができる。

特に、外径 $\phi 200 \text{ mm}$ (内径 $\phi 100 \text{ mm}$ 、幅 150 mm) 以上の複列円すいころ軸受 11 が組み込まれる鉄道車両用転がり軸受装置 10 において、複列円すいころ軸受 11 が上記回転速度領域内で回転する場合に異常診断を行うことで、信頼性の高い異常診断が可能である。

その他の構成及び作用については、第1実施形態のものと同様である。

【0044】

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものでなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

例えば、本実施形態では、回転部品として鉄道車両用転がり軸受装置に組み込まれる複列円すいころ軸受を例示したが、これに代えて、発電用風車の減速機に組み込まれる転がり軸受や歯車等を診断対象にして本発明を適用してもよい。

【0045】

また、機械装置によってはクラッチ機構等を用いて歯車列の噛合が間欠的に行われる場合があり、上記実施形態に加えて、クラッチによる歯車列の噛合が離れた時に振動センサ 32 及び温度センサ 33 による検出信号に基づいて複列円すいころ軸受 11 の異常を診断することにより、機械的な歯車列の噛合ノイズと電気的なノイズの影響を受けることがなくなり、さらに高 S/N 比な異常診断が可能となる。なお、歯車列の噛み合いが離れた時に駆動モータ側に信号を出力し、駆動モータの非通電状態後に振動や温度の信号検出及び異常診断を行うと、診断の効率化が図れる。

【0046】

更に、鉄道車両用においては、上記実施形態に加えて、線路の繋ぎ目やポイント等がなく、且つ直線走行時に、振動センサ 32 及び温度センサ 33 による検出信号に基づいて複列円すいころ軸受 11 の異常を診断することによっても同様の作用効果を得ることができる、この場合、例えば、直線走行になる場所を通過した時に運転席側または駆動モータ側に信号を出力し、駆動モータの非通電状態後に振動や温度の信号検出及び異常診断を行うと診断の効率化が図れる。

【実施例】

【0047】

(試験 1)

ここで、本発明の第1実施形態の異常診断装置を用いた場合の診断結果の信頼性を確認するため、以下の試験 1 を行った。試験 1 は、外輪軌道面に欠陥がある円すいころ軸受 (

外径 = 245 mm, 内径 = 130 mm, 幅 = 170 mm) を軸受箱のハウジングに組み込み、 150 min^{-1} で内輪を回転させた時に発生する振動をハウジングに取り付けた圧電式絶縁型加速度センサにより検出し、増幅後の信号を周波数分析(エンベロープ分析)して比較した。

【0048】

図6は、軸受の内輪が 150 min^{-1} になった時に、軸受に回転を伝達する駆動モータを非通電状態(OFF状態)として軸受を慣性回転させたときのハウジングの振動を周波数分析(エンベロープ分析)した結果の一例を示したものである。また、図7は、軸受の内輪が 150 min^{-1} になった時に、軸受に回転を伝達する駆動モータを通電状態(ON状態)として軸受を回転駆動させたときのハウジングの振動を周波数分析(エンベロープ分析)した結果の一例を示したものである。

【0049】

図6及び図7から、駆動モータを非通電状態(OFF状態)として軸受を慣性回転させたときの振動波形には外輪損傷に起因した複数の周波数成分が顕著に存在しているが、駆動モータを通電状態(ON状態)として軸受を回転駆動させたときの振動波形には、駆動モータの駆動による電磁成分の影響が大きく前述した顕著なノイズ成分が発生しているのが判る。

【0050】

従って、回転状態判定部により回転駆動手段の非運転時の慣性回転領域内で振動を検出することにより、上記振動による外乱ノイズの影響を受けることなく高S/N比な異常診断が可能となることが分かる。

【0051】

(試験2)

次に、本発明の第2実施形態の異常診断装置を用いた場合の診断結果の信頼性を確認するため、以下の試験2を行った。試験2は、外輪軌道面に欠陥がある円すいころ軸受(外径 = 208 mm, 内径 = 130 mm, 幅 = 152 mm)を軸受箱のハウジングに組み込み、 $50 \sim 2000 \text{ min}^{-1}$ で内輪を回転させた時に発生する振動をハウジングの負荷圏に取り付けた圧電式絶縁型加速度センサにより検出し、増幅後の信号を周波数分析(エンベロープ分析)した。

【0052】

欠陥検知の可否は、エンベロープ分析後の周波数分析結果において、図4の式を用いて算出された、各回転速度毎の外輪欠陥に起因した特徴周波数成分の出現の有無から判定した。

【0053】

図8は、軸受の内輪が 50 min^{-1} , 100 min^{-1} , 150 min^{-1} , 300 min^{-1} , 650 min^{-1} , 1000 min^{-1} , 1500 min^{-1} , 1600 min^{-1} で回転している時のハウジングの振動を周波数分析(エンベロープ分析)した結果の例である。

【0054】

ここで、実線は実測した振動データに基づくエンベロープ周波数スペクトルであり、点線は図4に示した軸受の設計諸元に基づく外輪損傷に起因した周波数成分を表している。

この結果より、内輪を 50 min^{-1} , 1600 min^{-1} で回転させた時には実測スペクトルに顕著なピークが存在していないが、 $100 \text{ min}^{-1} \sim 1500 \text{ min}^{-1}$ では、外輪損傷に起因した周波数成分上に顕著なピークが存在しており、外輪が損傷していることがわかる。

【0055】

表1は、上記分析に基づく異常の有無の判定結果を回転速度毎にまとめたものである。○は、上記分析において外輪欠陥に起因した特徴周波数成分が出現した場合を、×は、出現していない場合を示している。

【0056】

【表1】

	回転速度 (m i n ⁻¹)											
	50	100	150	250	350	450	550	650	1000	1500	1600	2000
診断結果	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×

【0057】

以上の分析結果より、回転速度が $100 \text{ m i n}^{-1} \sim 150 \text{ m i n}^{-1}$ 時の振動波形には外輪損傷に起因した複数の周波数成分が顕著に出現しているが、この回転速度領域以外の振動波形には、特徴周波数成分が出現していないことがわかる。

従って、円すいころ軸受が上記回転速度領域内で回転する時に振動を検出することで、外乱ノイズ等の影響を受けることなく高 S/N 比で異常診断を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】本発明の異常診断装置の診断対象である複列円すいころ軸受を備えた鉄道車両用転がり軸受装置の断面図である。

【図2】第1実施形態における異常診断装置の信号処理系統のブロック図である。

【図3】第1実施形態における回転状態判定部の処理フローを示すフローチャートである。

【図4】転がり軸受の傷の部位と、傷に起因して発生する特徴周波数との関係を示す図である。

【図5】本発明の第2実施形態における異常診断装置の回転状態判定部の処理フローを示すフローチャートである。

【図6】モータ非通電時の振動センサによる振動波形を示すグラフである。

【図7】モータ通電時の振動センサによる振動波形を示すグラフである。

【図8】回転速度を変化させた時のハウジングの振動を周波数分析したグラフである。

【符号の説明】

【0059】

1 1 鉄道車両用複列円すいころ軸受（回転部品）

1 2 軸受箱（静止部材）

3 2 振動センサ（振動系センサ）

3 3 温度センサ

3 5 フィルタ処理部

3 7 エンベロープ処理部

3 8 周波数分析部

3 9 比較照合部

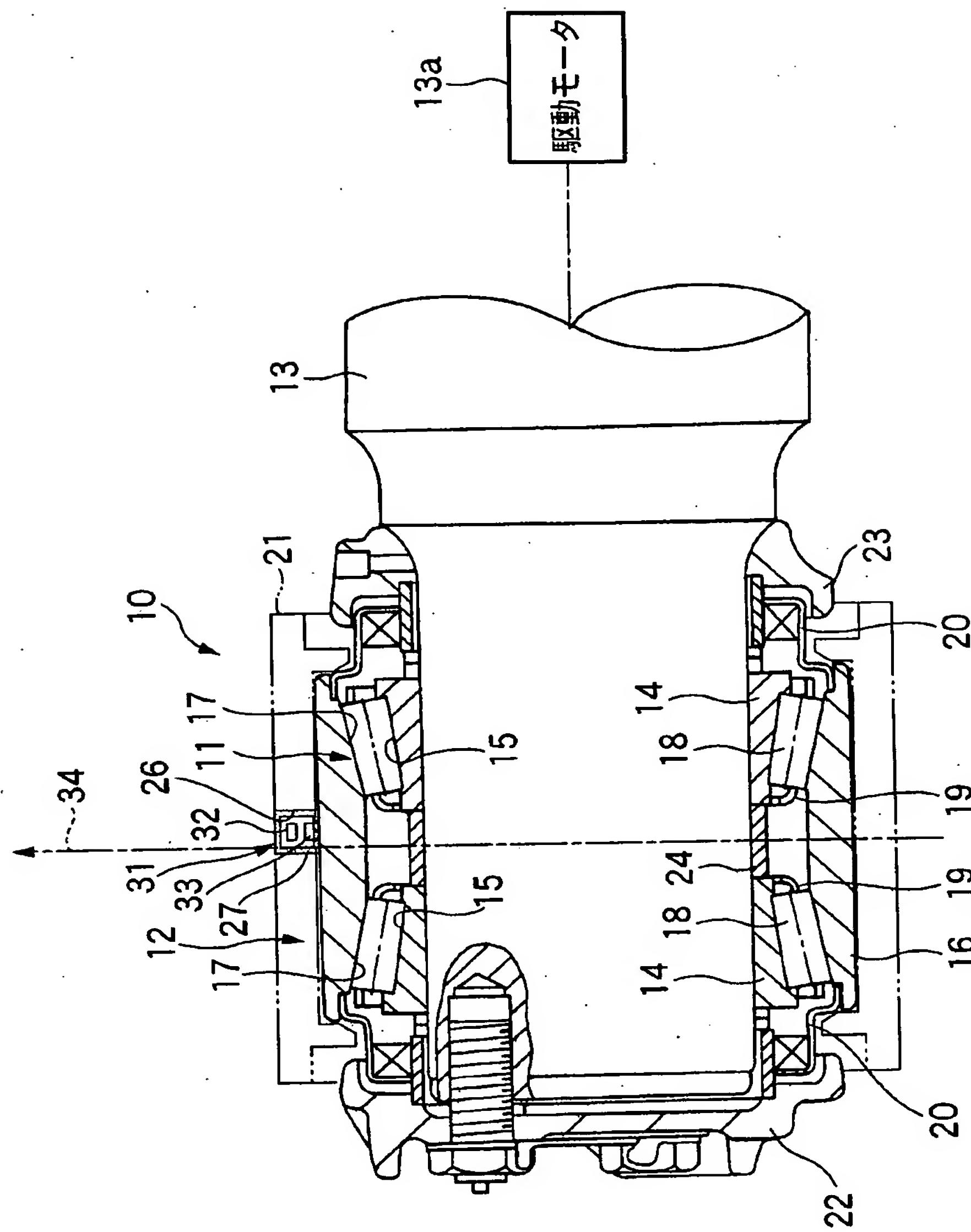
4 0 回転速度センサ

4 2 異常判定部

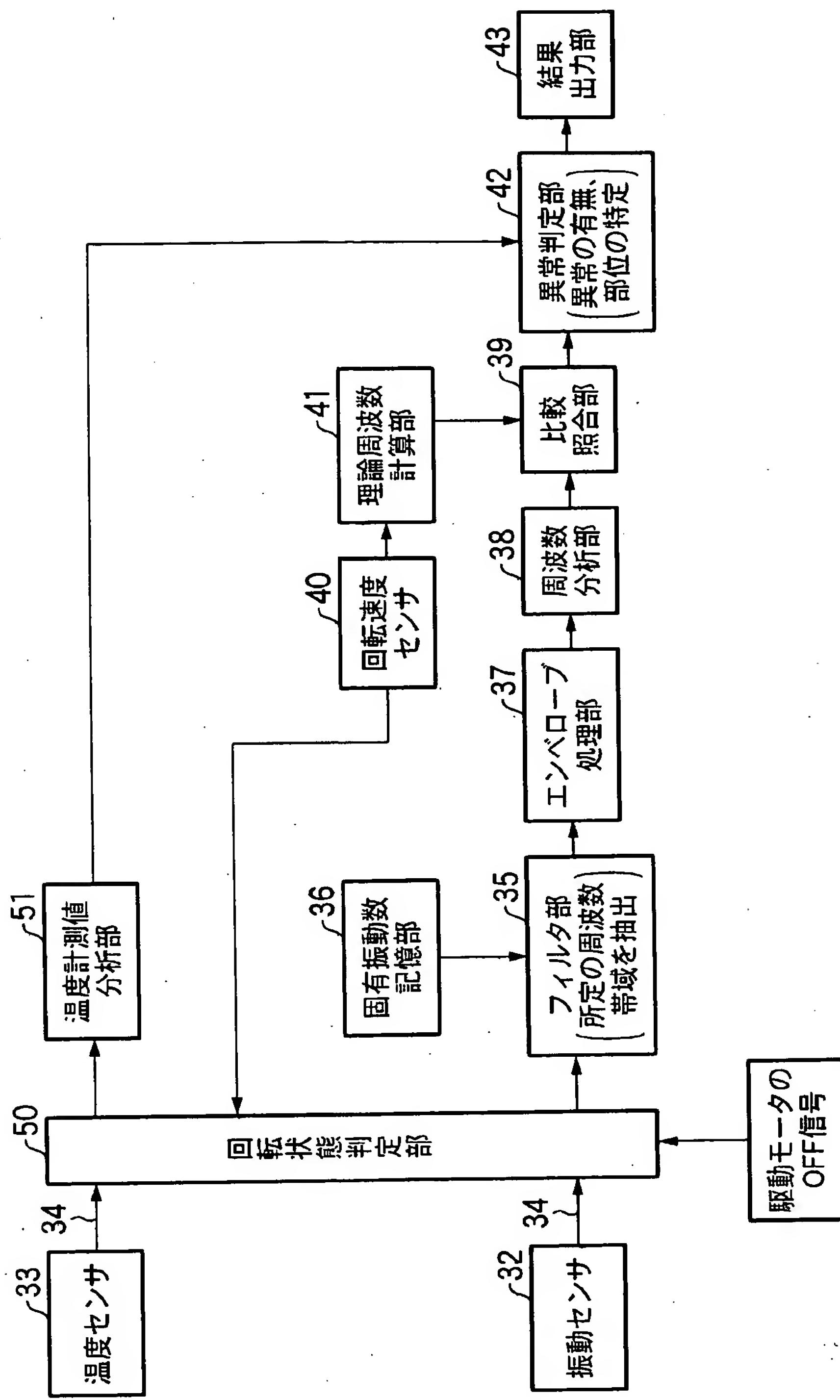
4 3 結果出力部

5 0 回転状態判定部

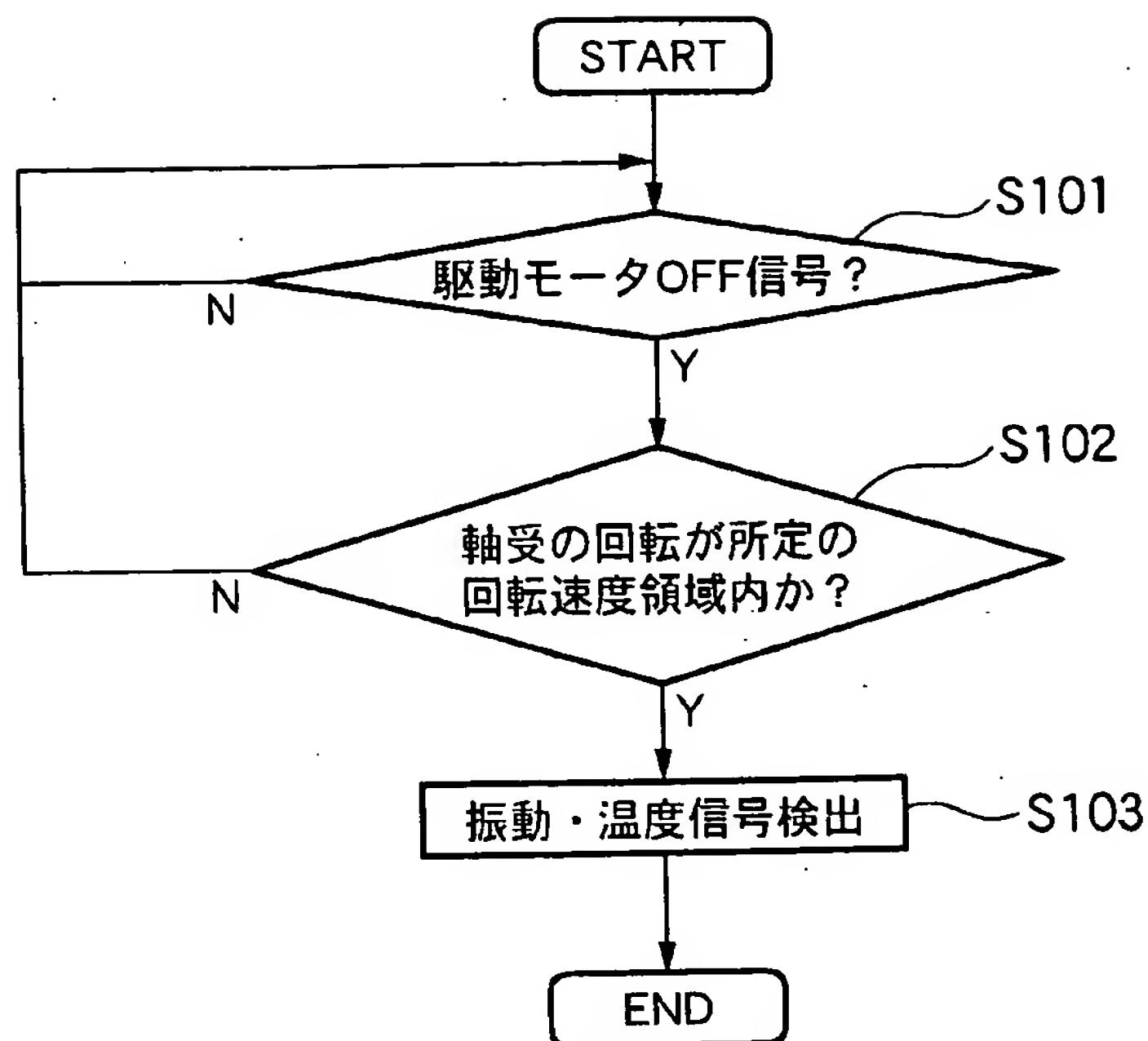
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

転がり軸受の部位	エンベロープ処理後の周波数
内輪 (Si)	$Z_{fi} = \frac{fr}{2} \left(1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z \quad [\text{Hz}]$
外輪 (So)	$Z_{fc} = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z \quad [\text{Hz}]$
転動体 (Sb)	$2f_{fb} = fr \left(1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right) \times \frac{dm}{Da} \quad [\text{Hz}]$
保持器 (Sc)	$f_c = \frac{fr}{2} \left(1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) \quad [\text{Hz}]$

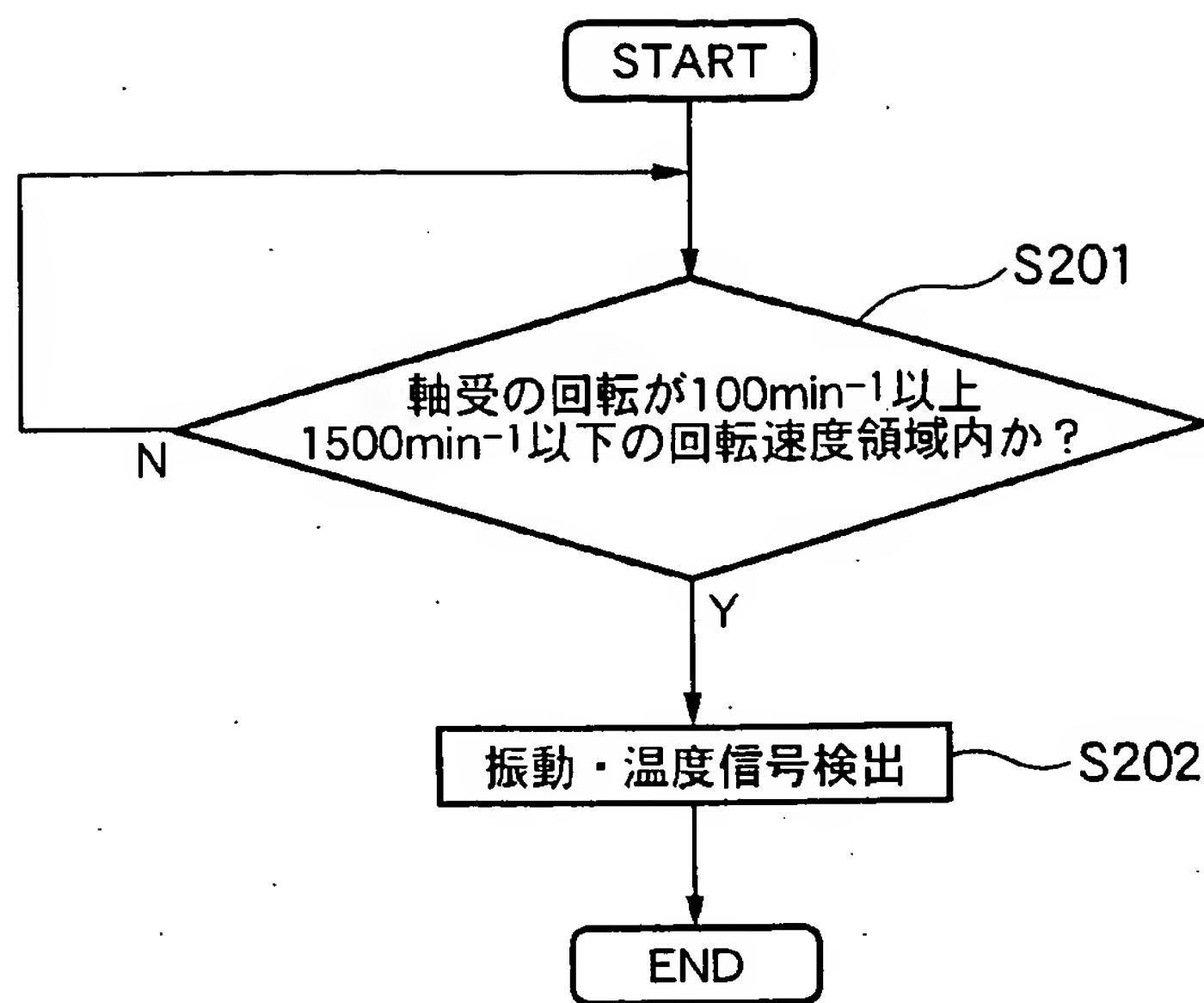
fr : 内輪回転速度 [Hz] Z : 転動体の数

fc : 保持器回転速度 [Hz] fi : fr - fc

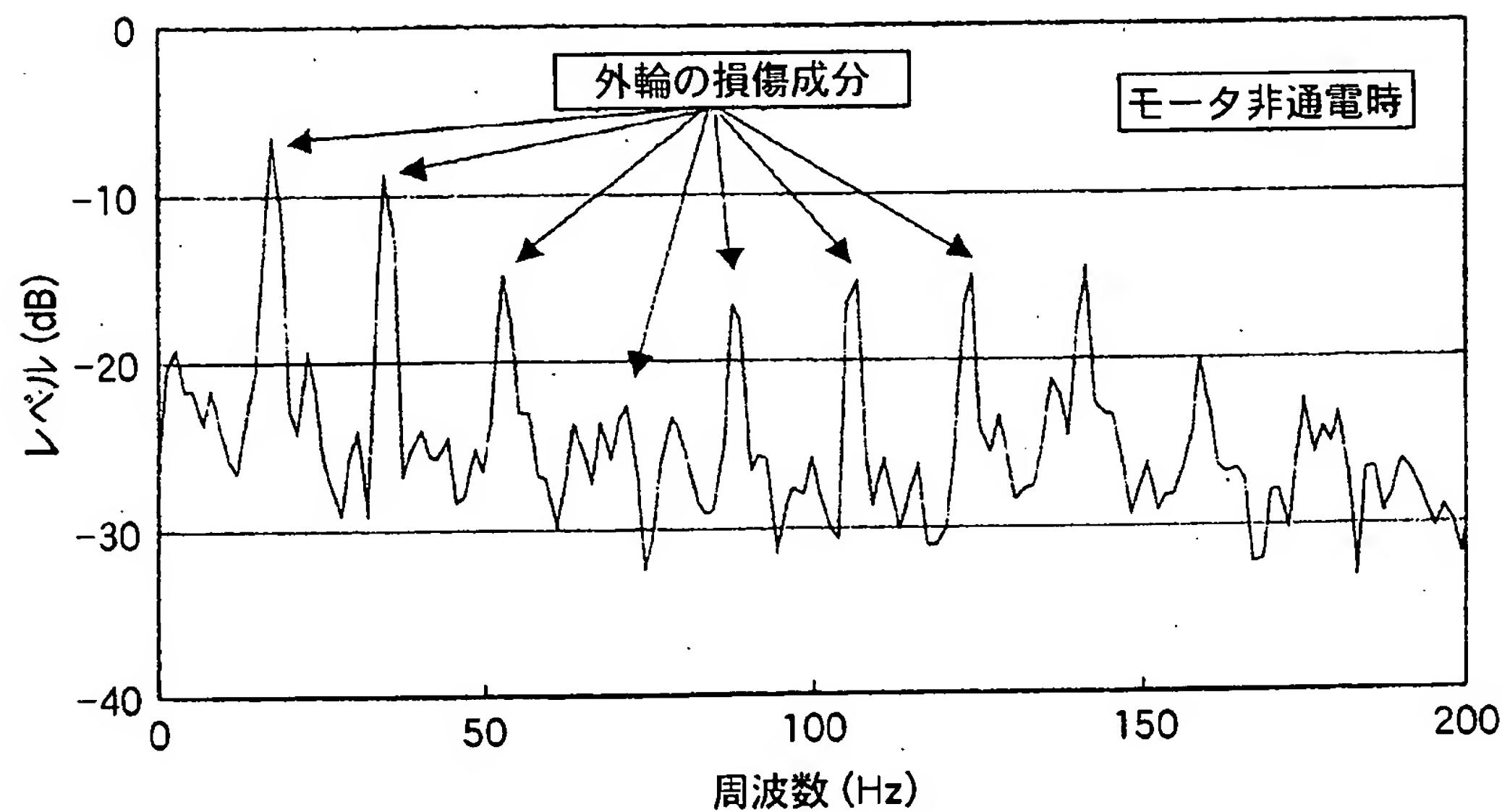
fb : 転動体自転速度 [Hz] Da : 転動体直径 [mm]

dm : ピッチ円直径 [mm] α : 接触角 [度]

【図 5】



【図 6】



【図 7】

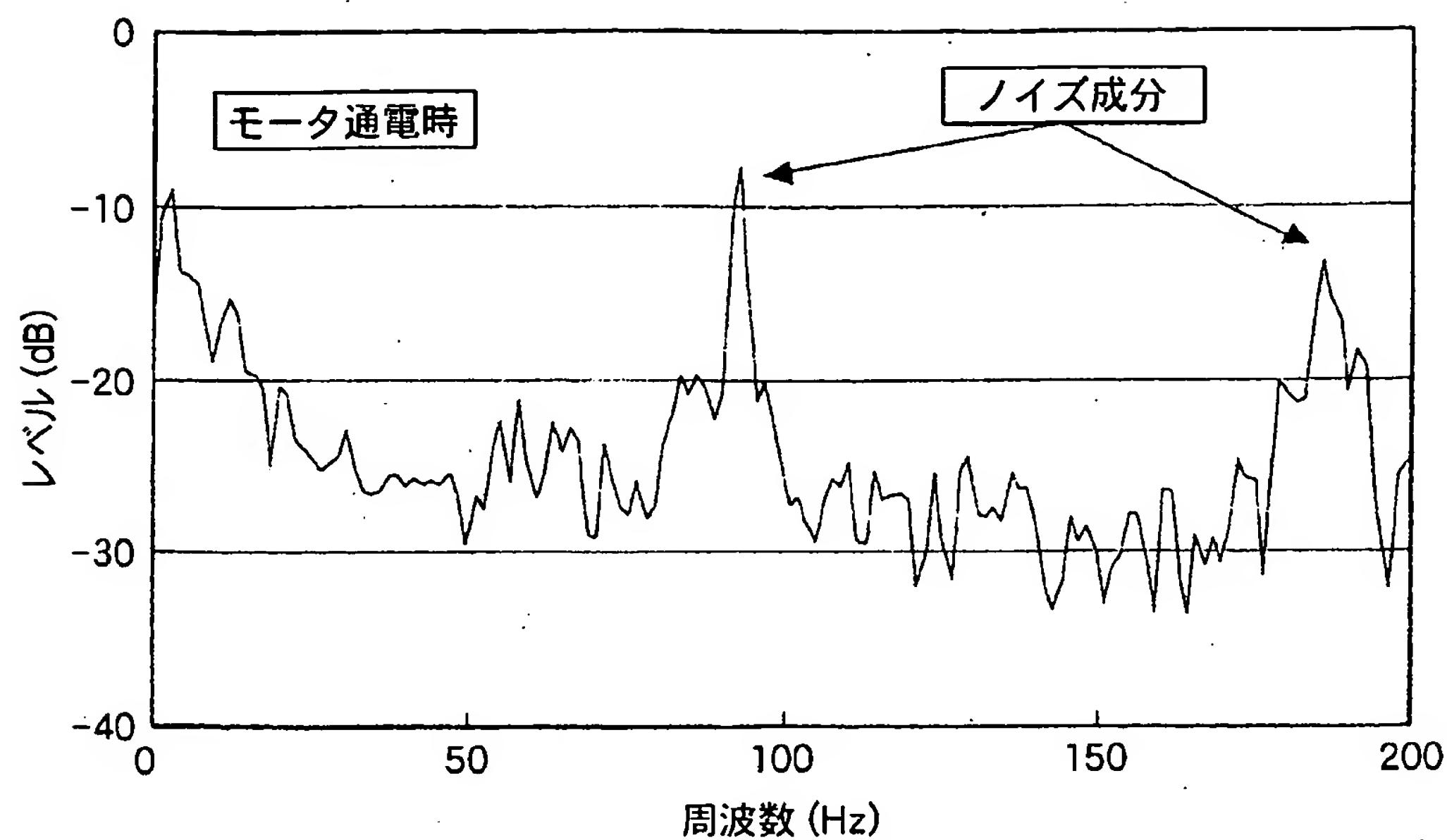
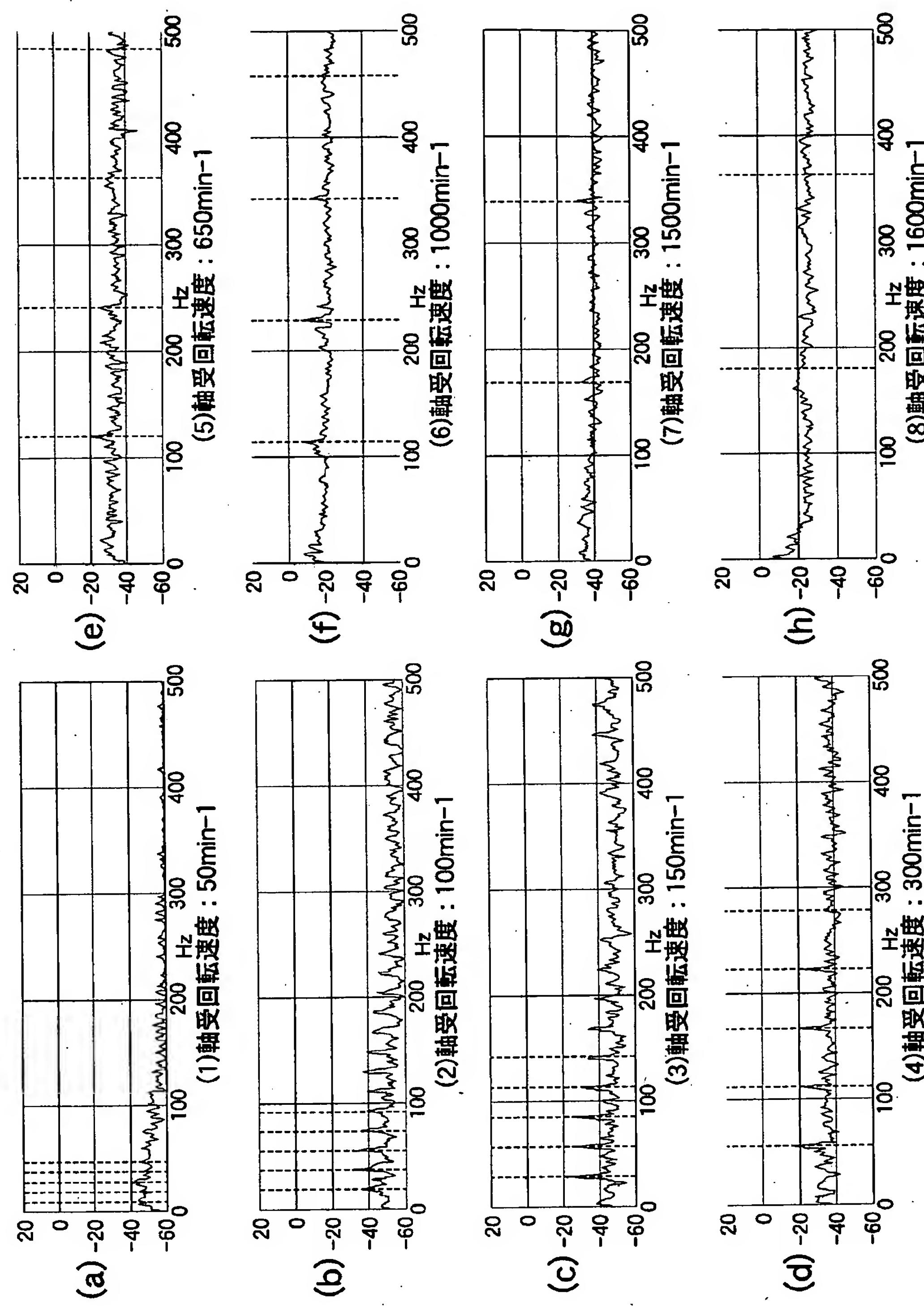


図 8



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 軸受装置等の回転部品が組み込まれている装置を分解することなく実稼動状態で回転部品の異常を診断できると共に、回転駆動手段で発生する電気的な外乱ノイズの影響による誤診断を防止して信頼性の高い異常診断を行うことができる異常診断装置を提供する。

【解決手段】 軸受箱12に対して相対的に回転する鉄道車両用軸がり軸受装置10に組み込まれた複列円すいころ軸受11の異常を診断する異常診断装置であって、複列円すいころ軸受11を回転駆動する駆動モータと、軸受箱12に取り付けられる振動センサ32とを備え、駆動モータの非通電時における複列円すいころ軸受11の所定の回転速度領域内での慣性回転時に、振動センサ32による検出信号に基づいて複列円すいころ軸受11の異常を診断する。

【選択図】 図2

出願人履歴

000004204

19900829

新規登録

東京都品川区大崎1丁目6番3号

日本精工株式会社